

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR04/003365

International filing date: 23 December 2004 (23.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR
Number: 0315379
Filing date: 24 December 2003 (24.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 18 March 2005 (18.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



PCT/FR 2004/003365

31 DEC. 2004

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 DEC. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 e / 210502

REMISE DES PIÈCES DEC 2003 DATE 75 INPI PARIS 34 SP LIEU 0315379 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 24 DEC. 2003		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ■ CABINET NETTER 36 avenue Hoche 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) BELLER CAS 8			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen Demande de brevet initiale		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Dispositif de traitement de signaux audio, notamment pour le traitement des troubles audiotaphonatoires.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ Date _____ N° _____ Pays ou organisation _____ Date _____ N° _____ Pays ou organisation _____ Date _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input checked="" type="checkbox"/> Personne morale <input type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		BELLER	
Prénoms		Isi	
Forme juridique			
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	46, rue Saint-André des Arts	
	Code postal et ville	17 5 0 0 6 PARIS	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2^{ème} page



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 © W / 210502

REMISE DES PIÈCES DATE _____ LIEU _____ N° D'ENREGISTREMENT _____ NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI _____ DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI _____		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET NETTER 36 avenue Hoche 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) BELLER CAS 8			
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____		Date _____	
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____		Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____		Date _____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Dispositif de traitement de signaux audio, notamment pour le traitement des troubles audiophonatoires.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ Date _____ N° _____ Pays ou organisation _____ Date _____ N° _____ Pays ou organisation _____ Date _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)		<input type="checkbox"/> Personne morale <input checked="" type="checkbox"/> Personne physique	
Nom ou dénomination sociale		BELLER	
Prénoms		Isi	
Forme juridique			
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	46, rue Saint-André des Arts	
	Code postal et ville	75006 PARIS	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)		N° de télécopie (facultatif)	
Adresse électronique (facultatif)			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

Remplir impérativement la 2^{ème} page

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE
page 2/2

BR2

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Dispositif de traitement de signaux audio, notamment pour le traitement des troubles audiophonatoires.

5

L'invention concerne les aides au traitement des troubles audiophonatoires et auditivo-verbaux présentés par certains sujets, le plus souvent de jeunes enfants.

10 Des dispositifs pour le traitement par voie auditive de sujets atteints de troubles audiophonatoires sont déjà connus. En particulier, FR-A-2 686 442 propose une installation propre à élaborer, à partir d'un signal audiofréquence d'entrée, un signal paramétrique dont l'amplitude et/ou la
15 fréquence varient en fonction du logarithme de la fréquence et/ou de l'amplitude du signal d'entrée. L'élaboration du signal paramétrique se fait en analogique.

Différents facteurs, dont le coût des appareils, leur encombrement, et leur commodité d'emploi, font qu'il est souhaitable d'effectuer le traitement sous forme numérique. Cela permettrait notamment d'utiliser des fichiers contenus dans un disque dur, au lieu des cassettes magnétiques et des disques compacts de l'art antérieur. Cependant, le passage en
20 numérique s'est heurté à des difficultés considérables : non-linéarité du traitement et difficulté de corriger certains effets indus de l'échantillonnage et de la numérisation.

La présente invention vient permettre d'avancer dans cette
30 voie.

Pour ce faire, l'invention prévoit un dispositif comprenant une entrée de signal audiofréquence analogique, suivie d'un codeur analogique-numérique, puis d'un détecteur d'enveloppe,
35 d'un limiteur numérique, d'un multiplieur, d'un synthétiseur, et enfin d'un convertisseur numérique-analogique, tels que

- le codeur analogique-numérique est agencé pour refléter le signal audiofréquence analogique d'entrée par une première suite de valeurs numériques,

5

- le détecteur d'enveloppe est agencé pour établir à partir de la première suite de valeurs numériques une seconde suite de valeurs numériques reflétant l'enveloppe du signal audiofréquence d'entrée,

10

- le limiteur numérique est agencé pour établir une troisième suite de valeurs numériques, bornées, à partir de la seconde suite de valeurs numériques,

15

- le multiplieur est agencé pour établir une suite de valeurs de fréquences d'émission modulées selon les valeurs de la troisième suite de valeurs numériques,

20

- le synthétiseur est agencé pour élaborer un signal audio numérique à partir de la suite de valeurs de fréquences d'émission, et

25

- le convertisseur numérique-analogique est agencé pour produire un signal analogique de sortie à partir du signal audio numérique.

30

Le dispositif selon l'invention permet ainsi d'obtenir un signal analogique de sortie dont la fréquence est modulée en fonction du signal audiofréquence analogique d'entrée et dont l'élaboration se fait en numérique.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, ainsi que des dessins annexés, sur lesquels :

35

- la figure 1 est un schéma présentant un appareil

d'aide au traitement des troubles audiophonatoires de l'art antérieur, et

- 5 - la figure 2 est un schéma fonctionnel du dispositif de traitement selon l'invention.

L'annexe 1 présente les lois mathématiques utilisées dans le dispositif de la figure 2.

- 10 Les dessins et l'annexe contiennent, pour l'essentiel, des éléments de caractère certain. Ils pourront donc non seulement servir à compléter l'invention, mais aussi contribuer à sa définition le cas échéant.
- 15 La figure 1 illustre le dispositif de traitement de troubles auditivo-verbaux selon FR-A-2 686 442, dans lequel un convertisseur audiofréquence 1 est capable d'élaborer, à partir d'un signal audiofréquence soumis à son entrée E, un signal paramétrique dispensé à sa sortie S dont l'amplitude
- 20 et/ou la fréquence varient en fonction du logarithme de la fréquence et/ou de l'amplitude du signal d'entrée. L'élaboration du signal paramétrique de sortie se fait en analogique.
- 25 Le convertisseur audiofréquence 1 est monté entre un commutateur d'entrée CE et un commutateur de sortie CS. Le commutateur CE permet de relier l'entrée E du convertisseur soit à la sortie de lecture d'une tête magnétique TM1 d'un magnéto-
- 30 phone à cassette MC1, de préférence de haute qualité sonore, soit à la sortie d'un lecteur de disques compacts audio, soit à la sortie d'un microphone M, également de haute qualité. L'une et l'autre sorties peuvent être amplifiées par des préamplificateurs AM1 et M1.
- 35 La sortie S du convertisseur audiofréquence peut être appliquée par le commutateur CS soit à une chaîne de repro-

duction sonore à deux voies A, soit à l'entrée d'enregistrement d'une tête magnétique TM2 d'un magnétophone à cassette MC2, qui peut d'ailleurs être le même que le magnétophone à cassette MC1.

5

Les commutateurs CE et CS permettent une liaison directe entre le microphone M, l'ampli A, et le magnétophone MC2.

10

La chaîne de reproduction sonore A comporte des réglages de niveaux individuels et d'équilibrage pour chaque voie, associés à un moyen de mesure précis, et des sorties par des transducteurs électro-acoustiques, par exemple des hauts-parleurs T1, T2 destinés respectivement aux oreilles gauche et droite du sujet. Un casque peut également être prévu.

15

Afin d'obtenir un meilleur traitement du signal audiofréquence d'entrée et de tirer le meilleur parti des supports numériques récents, le dispositif selon l'invention prévoit de remplacer le convertisseur audiofréquence 1 de la figure 1 par le dispositif de traitement 3 représenté sur la figure 2, lequel élabore le signal paramétrique de sortie numériquement.

20

Pour ce faire, le dispositif de traitement numérique selon l'invention est prévu capable de recevoir à son entrée E un signal audiofréquence analogique d'entrée qui peut être une combinaison de signaux analogiques provenant du sujet à traiter et du thérapeute.

25

Le signal audiofréquence analogique d'entrée est soumis à l'entrée d'un codeur analogique-numérique 2, lequel détermine à intervalles de temps réguliers (période d'échantillonnage) ΔT , la valeur de l'amplitude $S(i)$ du signal soumis à l'entrée et la code numériquement. Le codeur analogique-numérique 2 produit en sortie une suite de valeurs numériques d'amplitude

35

$S(i)$ qui reflète le signal fourni en entrée, c'est-à-dire le signal audiofréquence analogique d'entrée.

Dans un mode de réalisation préféré, une carte son, disposée
5 dans un ordinateur personnel, fait fonction de codeur
analogique-numérique 2. La période d'échantillonnage ΔT est
alors fixée par les caractéristiques techniques de la carte
son. Par exemple, une fréquence d'échantillonnage de 48
10 kilohertz, c'est-à-dire une période d'échantillonnage ΔT
voisine de 0.02 milliseconde, est courante sur les cartes son
actuellement disponibles sur le marché.

Dans ce même mode de réalisation, l'entrée E du dispositif
selon l'invention est l'une des entrées disponibles sur la
15 carte son, couramment une entrée ligne ou une entrée micro-
phone.

Le suite de valeurs numériques $S(i)$ obtenue à la sortie du
codeur analogique-numérique 2 est ensuite soumise à l'entrée
20 d'un filtre passe bande numérique 4 qui bloque les fréquences
inférieures à une première fréquence de coupure $FC1$ et les
fréquences supérieures à une seconde fréquence de coupure
 $FC2$. Le filtre passe bande peut être réalisé au moyen de deux
filtres de Butterworth disposés en cascade : un filtre passe
25 haut de fréquence de coupure $FC1$ suivi d'un filtre passe bas
de fréquence de coupure $FC2$. Dans un mode de réalisation
préféré, la première fréquence de coupure $FC1$ est voisine de
230 Hz tandis que la seconde fréquence de coupure $FC2$ est
proche de 3200 Hz.

30 Dans ce mode de réalisation, la fréquence fondamentale
moyenne de la voix étant voisine de 120 Hz pour les hommes et
de 210 Hz pour les femmes, le filtre passe bande numérique 4
est de bande suffisamment large pour permettre le passage des
35 informations contenues dans le signal audiofréquence d'entrée
dans le cas où celui-ci contient du langage. Le milieu de la

bande de fréquences définie par le filtre passe bande 4 est bien supérieur à la fréquence estimée d'un signal audiofréquence comprenant du langage. De fait, le filtre passe bande 4 filtre une grande partie des fréquences graves et
5 laisse passer une grande partie des fréquences aiguës.

La suite de valeurs numériques d'amplitude $S(i)$, obtenue en sortie du filtre passe-bande 4, est soumise à l'entrée d'un détecteur d'enveloppe 6, lequel réalise sur la suite de
10 valeurs numériques d'amplitude $S(i)$ un traitement numérique selon la loi A1 de l'annexe. À chaque valeur numérique d'amplitude $S(i)$, le détecteur d'enveloppe 6 associe une valeur numérique d'amplitude d'enveloppe $Se(i)$, comme étant la plus grande valeur d'un groupe formé de la valeur absolue
15 de la valeur numérique d'amplitude $S(i)$ et de la valeur absolue de la valeur numérique d'amplitude d'enveloppe précédente $Se(i-1)$ affectée d'un coefficient Kd . La valeur du coefficient Kd est déterminée à l'aide de la formule A2 de l'annexe, laquelle prévoit de prendre le coefficient Kd égal
20 à l'exponentielle de l'opposé du rapport de la période d'échantillonnage ΔT sur la valeur d'une période de démodulation Td choisie. La valeur de la période de démodulation Td est réglable. À titre d'exemple, la période de démodulation Td peut être prise égale à 0,04 seconde.

25 La formule A1 de l'annexe est une formule classique d'un détecteur de maximum, modifiée par l'introduction du coefficient Kd , dont la fonction est de fixer la bande de fréquences désirée pour le signal d'enveloppe obtenu en sortie du
30 détecteur d'enveloppe 6. La formule A2 de l'annexe, relative au calcul du coefficient Kd permet ainsi de choisir la valeur de la période de démodulation Td en rapport avec la bande de fréquences, dans laquelle on veut contenir la sortie du détecteur d'enveloppe 6.

35

Un filtre numérique passe bas 8 est appliqué au signal de

sortie du détecteur d'enveloppe 6, qui bloque les fréquences supérieures à une troisième fréquence de coupure $FC3$, laquelle est réglable. Dans un mode de réalisation préféré, le filtre numérique passe bas 8 est réalisé au moyen d'un
5 filtre passe bas de Butterworth d'ordre 1 et de fréquence de coupure $FC3$ voisine de 24 Hz.

Le filtre passe bas 8 est destiné à atténuer les modulations rapides du signal fourni à son entrée. Le signal obtenu en
10 sortie du filtre passe bas 8 rend compte d'un effet de traîne nécessaire pour éviter que le signal obtenu en sortie du détecteur d'enveloppe 6 ne soit trop "haché".

La suite de valeurs numériques d'amplitude d'enveloppe
15 filtrées $S_e(i)$, obtenue à la sortie du filtre numérique passe bas 8, est ensuite soumise à l'entrée d'un limiteur 10, lequel fournit en sortie une suite de valeurs numériques de modulation $Sl(i)$, bornées, selon la formule A3 de l'annexe. Chaque valeur numérique de modulation $Sl(i)$ est calculée
20 comme étant le rapport, élevé à la puissance d'un coefficient $K1$, de la valeur numérique d'amplitude d'enveloppe filtrée $S_e(i)$ sur une valeur d'amplitude seuil s choisie. La valeur d'amplitude seuil s est réglable.

25 La valeur du coefficient $K1$ est déterminée par la formule A4 de l'annexe comme étant l'opposé du rapport du logarithme d'un rapport d'une fréquence d'émission minimale $F1$ et d'une fréquence d'émission maximale $F0$ choisies, sur le logarithme de la valeur d'amplitude seuil s .

30

La fréquence d'émission minimale $F1$ est réglable. Avantageusement, elle est choisie très largement supérieure à la fréquence fondamentale du signal audiofréquence analogique d'entrée. Dans un mode de réalisation préféré, la fréquence
35 d'émission minimale $F1$ est choisie voisine de 4000 Hz en considérant que la fréquence fondamentale d'un signal

provenant d'une voix humaine est voisine de 210 Hz pour les femmes et de 120 Hz pour les hommes.

La fréquence d'émission maximale $F0$ est réglable. Elle est
5 choisie supérieure à la limite ultrasonique du sujet à
traiter, c'est-à-dire supérieure à la plus haute fréquence
audible par le sujet. La limite ultrasonique est une donnée
qui dépend du sujet. Par exemple, chez le jeune enfant, une
limite ultrasonique de 20 kilohertz est courante alors que
10 chez des sujets plus âgés elle peut ne pas dépasser 10
kilohertz.

La valeur de l'amplitude seuil s est choisie toujours
supérieure à 0,01, pour des raisons qui seront détaillées
15 plus loin. Dans un mode de réalisation préféré, la valeur de
l'amplitude seuil s est choisie voisine de 0,03.

La suite de valeurs numériques de modulation $Sl(i)$ est
ensuite présentée à l'entrée d'un multiplieur 12, lequel
20 détermine une suite de valeurs de fréquences d'émission
modulées $F(i)$ selon la formule A5 de l'annexe. Une valeur
numérique de fréquence d'émission modulée $F(i)$ est calculée
comme produit de la fréquence d'émission maximale $F0$ et de la
valeur numérique de modulation $Sl(i)$ correspondante, si ledit
25 produit est inférieur à la fréquence d'émission maximale $F0$.
Sinon la valeur numérique $F(i)$ est fixée égale à la valeur de
la fréquence d'émission maximale $F0$. Le multiplieur 12 permet
ainsi d'établir une suite de valeurs numériques de fréquences
d'émission $F(i)$ modulées selon les valeurs de la suite de
30 valeurs numériques de modulation $Sl(i)$ obtenue en sortie du
limiteur 10.

Les valeurs numériques de fréquences d'émission $F(i)$ dépen-
dent, selon la formule A5 de l'annexe, des valeurs numériques
35 de modulation $Sl(i)$, lesquelles sont fonction des valeurs
numériques d'amplitude d'enveloppe filtrées $Se(i)$ donc

fonction des valeurs numériques d'amplitude d'enveloppe $Se(i)$, elles-même reflétant l'amplitude de l'enveloppe du signal audiofréquence analogique d'entrée. Par conséquent, les variations des valeurs numériques de fréquences d'émission $F(i)$ rendent compte des variations d'amplitude de l'enveloppe du signal audiofréquence analogique d'entrée. En particulier, lorsque l'amplitude de l'enveloppe du signal audiofréquence analogique d'entrée est importante, c'est-à-dire pour un fort volume sonore, la valeur numérique de la fréquence d'émission correspondante sera faible. Inversement, plus l'amplitude de l'enveloppe du signal audiofréquence analogique d'entrée est proche de la valeur d'amplitude seuil s , plus la fréquence d'émission modulée $F(i)$ sera importante.

Selon les formules A3, A4 et A5 de l'annexe, le logarithme de la fréquence d'émission modulée $F(i)$ est une fonction linéaire du logarithme de la valeur de l'amplitude de l'enveloppe filtrée $Se(i)$ correspondante. Or, il est connu que l'oreille humaine est sensible aux fréquences et aux amplitudes de manière logarithmique. La perception que le sujet a des fréquences d'émission modulées $F(i)$ rend compte de manière parfaitement équivalente, des variations d'amplitude du signal audiofréquence analogique d'entrée.

Au moyen de la formule A3 de l'annexe, le limiteur 10 détermine des valeurs numériques de modulation $Sl(i)$ telles, que les valeurs numériques de fréquences d'émission modulées $F(i)$, obtenues en sortie du multiplieur 12, sont toujours comprises dans un domaine de fréquences délimité par les valeurs de la fréquence d'émission minimale $F1$ et de la fréquence d'émission maximale $F0$.

En particulier, lorsqu'une valeur numérique d'amplitude d'enveloppe $Se(i)$ est égale à la valeur de l'amplitude seuil s , la valeur numérique de modulation $Sl(i)$, calculée par le limiteur 10 à l'aide de la formule A3 de l'annexe, vaut 1 ce

qui entraîne que la valeur de la fréquence d'émission modulée correspondante $F(i)$ prend la valeur de la fréquence d'émission maximale $F0$. Pour une valeur numérique d'amplitude d'enveloppe filtrée $S\sigma(i)$ inférieure à la valeur d'amplitude
5 seuil s , la valeur numérique de modulation $Sl(i)$ correspondante est supérieure à la valeur 1, ce qui implique que la valeur numérique de la fréquence d'émission modulée $F(i)$ prend la valeur de la fréquence d'émission maximale $F0$, laquelle est inaudible pour le sujet puisque choisie supérieure
10 rieuse à la limite ultrasonique comme décrit plus haut.

Ainsi, les valeurs de fréquences d'émission modulées $F(i)$ ne rendent pas compte de variations d'amplitude de l'enveloppe du signal audiofréquence analogique d'entrée, pour des
15 amplitudes inférieures à la valeur d'amplitude seuil s . La valeur seuil s représente donc une valeur d'amplitude sonore au-dessous de laquelle on considère que le signal audiofréquence analogique d'entrée ne représente pas d'informations dignes d'être rendues au moyen d'une modulation de fréquence.
20 On peut considérer que le choix de la valeur d'amplitude seuil s fixe le niveau de détail désiré dans l'application du dispositif selon l'invention. En effet, plus la valeur d'amplitude seuil s est élevée moins la modulation rendra compte de détails dans le signal audiofréquence analogique
25 d'entrée.

De préférence, la valeur d'amplitude seuil s est prise supérieure à 0,01 en considérant que cette valeur correspond à la valeur limite séparant le bruit du langage.

30

L'ensemble constitué du détecteur d'enveloppe 6, du limiteur 10 et du multiplieur 12 associe ainsi à une gamme d'amplitude de l'enveloppe du signal audiofréquence analogique d'entrée, une gamme de fréquences d'émission en correspondance.

35

Le synthétiseur 14 élabore pour chaque valeur numérique de

fréquence d'émission $F(i)$ un signal numérique d'amplitude constante choisie et réglable, et dont la fréquence fondamentale correspond à la valeur numérique de la fréquence d'émission $F(i)$. Pour chaque fréquence fondamentale définie
5 précédemment, le synthétiseur 14 détermine le nombre d'harmoniques qu'il peut générer compte tenu de la limite supérieure en fréquence imposée par la fréquence d'échantillonnage (théorème de Shannon), laquelle est l'inverse de la période d'échantillonnage ΔT . Le synthétiseur
10 14 élabore les harmoniques précédemment déterminées en sommant les séries de Fourier d'un signal carré, en appliquant à chaque harmonique de rang n , le coefficient $1/n$ lorsque n est pair et le coefficient $-1/n$ lorsque n est impaire.

15

Bien que l'amplitude du signal numérique élaboré par le synthétiseur 14 soit constante et indépendante de la fréquence d'émission modulée $F(i)$, l'amplitude perçue par le
sujet est, elle, dépendante de la fréquence d'émission
20 modulée $F(i)$ à cause de la forme du spectre audible humain. En particulier, plus la fréquence d'émission modulée $F(i)$ est élevée, plus l'amplitude perçue par le sujet est faible.

Le signal audio numérique obtenu en sortie du synthétiseur 14
25 est ensuite appliqué à l'entrée d'un convertisseur numérique-analogique qui élabore, à partir dudit signal audio numérique, un signal analogique de sortie, qui peut être soumis au patient à traiter par l'intermédiaire d'un casque ou d'enceintes. Avantageusement, le convertisseur numérique-analogique peut être une carte son insérée dans un ordinateur
30 personnel. Dans un mode de réalisation préféré, la fonction de convertisseur numérique-analogique est réalisée par la même carte son que celle qui réalise la fonction de convertisseur analogique-numérique 2, précédemment décrite.

35

Le signal analogique de sortie est perçu par le patient bien

distinct du signal audiofréquence analogique d'entrée car de fondamentale largement supérieure à la fréquence de la voix, comme indiqué plus haut. Ceci est important lorsque l'on décide d'associer le signal audiofréquence analogique d'entrée et le signal analogique de sortie, comme décrit plus loin. Dans ce cas, le choix des fréquences de coupure FC1 et FC2 du filtre passe bande 4 détermine la gamme de fréquences disponible pour le signal analogique de sortie.

- 10 Le signal analogique de sortie étant élaboré avec quelques unes de ses harmoniques, il est plus agréable à entendre pour le patient à traiter.

Chez l'Homme, la "conscience phonologique" repose en particulier sur des automatismes, et sur leur intégration cognitive (sémantique et syntaxique). Le traitement de patients souffrant de troubles auditivo-verbaux, c'est-à-dire des personnes chez qui ces automatismes ont été mal acquis, consiste essentiellement en une rééducation à l'aide du dispositif selon l'invention permettant d'acquérir de nouveau lesdits automatismes.

Dans une première phase de rééducation, on fait entendre au patient un son paramétrique seul obtenu en soumettant à l'entrée du dispositif selon l'invention des échantillons sonores constitués de voix ou de musique. Ces échantillons sonores peuvent provenir du thérapeute par l'intermédiaire d'un microphone relié à l'entrée E du dispositif selon l'invention. Dans un mode de réalisation préféré, les échantillons sonores proviennent d'enregistrements stockés dans une mémoire d'un ordinateur et fournis au dispositif selon l'invention par l'intermédiaire d'un magnétophone logiciel capable de jouer des sons, notamment au format de compression MP3. Dans ce mode de réalisation particulier, l'ordinateur comprend une carte son intégrant les fonctions de codeur analogique-numérique et de convertisseur numérique-

analogique. Dans cette première phase de rééducation, il peut être intéressant d'utiliser comme entrée du dispositif selon l'invention de la musique afin d'habituer le sujet au son paramétrique.

5

Dans une seconde phase du traitement, on fait entendre au patient un son paramétrique seul puis le son naturel d'origine, tel que fourni à l'entrée du dispositif selon l'invention. Le son naturel d'origine est un segment de
10 message (une phrase très courte) d'abord découpé par phonèmes, puis dans un second temps par syllabes et pour finir par éléments syntaxiques.

15

Une troisième phase du traitement consiste à segmenter le son paramétrique en faisant alterner des temps sourds (silence) et des temps sonores (son paramétrique). Selon une première méthode, les durées des temps sont fixées, les temps sourds étant généralement plus longs (0,5 s par exemple) que les temps sonores (0,3 s par exemple). Il est possible de
20 souligner le basculement d'un temps sourd à un temps sonore en faisant entendre un signal sonore caractéristique (typiquement un "bip"). Un avantage de la présente invention est de baser l'alternance sur le son émis par le patient. On bascule d'un temps sonore à un temps sourd lorsqu'un paramètre atteint une valeur choisie. Par exemple, il est
25 possible de basculer vers un temps sourd lorsque la puissance sonore, respectivement la fréquence, du son émis par le patient atteint un niveau choisi. Un autre paramètre peut être lié au rythme de diction : par exemple, si une voyelle
30 est prononcée trop longtemps, on bascule vers un temps sourd.

35

La quatrième phase de rééducation est dite active, car le sujet répète ce qu'il entend. On part de mots pré-enregistrés en clair, avec des intervalles permettant au patient de
répéter chaque mot. Les mots pré-enregistrés sont soumis au dispositif selon l'invention ainsi que les mots répétés. Dans

le casque, le sujet reçoit le signal paramétrique et le signal naturel. Il est intéressant de travailler en stéréophonie, en appliquant à l'oreille gauche le signal paramétrique et à l'oreille droite le signal naturel, ce qui
5 correspond à la latéralisation fonctionnelle des hémisphères cérébraux (écoute dichotique).

Dans une cinquième phase de rééducation, le sujet répète ce qu'il entend d'une part et lit ce qu'il répète d'autre part.
10

Dans une sixième phase est un mélange de lecture guidée suivant la méthode décrite ci-dessus, et de lecture libre avec prononciation du texte lu, et audition du texte lu, sous forme d'un mélange de signal paramétrique et de signal
15 naturel.

Enfin, dans une septième phase, le patient écrit ce qu'il entend et on lui laisse du temps pour se relire et se corriger.
20

Progressivement, on supprime complètement le signal paramétrique.

Dans un mode de réalisation préféré, la carte son décrite
25 plus haut intègre une fonction de mélangeur, non décrite ici car connue de l'homme du métier, qui permet d'obtenir en sortie un mélange entre le signal audiofréquence analogique d'entrée et le signal analogique de sortie mais également de faire du signal audiofréquence analogique d'entrée une
30 combinaison de signaux provenant d'une source de lecture, du thérapeute et du sujet

L'élaboration du signal paramétrique de sortie en numérique offre également une plus grande souplesse d'utilisation du
35 dispositif selon l'invention ainsi qu'une plus grande précision dans le traitement. Ceci permet également de tirer

parti des supports numériques actuels comme le CD mais aussi des supports informatiques comme les mémoires mortes et du format de compression MP3 afin de constituer une base de données d'échantillons sonores.

5

Le dispositif selon l'invention a été ici décrit mis en œuvre dans le traitement des troubles auditivo-verbaux mais il peut également servir de base à une méthode d'apprentissage des langues étrangères. De plus, le dispositif selon l'invention

10 peut être adapté pour traiter des troubles auditivo-verbaux dans d'autres langues que la langue française.

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe

15 toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art.

Annexe

$$A1. \quad Se(i) = \max\{|S(i)|, |Kd \times Se(i-1)|\}$$

$$5 \quad A2. \quad Kd = \exp\left[-\frac{\Delta T}{Td}\right]$$

$$A3. \quad Sl(i) = \left(\frac{Se(i)}{s}\right)^{Kl}$$

$$A4. \quad Kl = -\frac{\ln\left(\frac{F1}{F0}\right)}{\ln(s)}$$

10

$$A5. \quad F(i) = \min(F0 \times Sl(i), F0)$$

Revendications

1. Dispositif de traitement numérique de signaux audio, destiné en particulier au traitement de sujets atteints de troubles audiophonatoires, caractérisé en ce qu'il comprend
- 5 une entrée de signal audiofréquence analogique (E), suivie d'un codeur analogique-numérique (2), puis d'un détecteur d'enveloppe (6), d'un limiteur numérique (10), d'un multiplieur (12), d'un synthétiseur (14), et enfin d'un convertisseur
- 10 seur numérique-analogique (16), et en ce que
- le codeur analogique-numérique (2) est agencé pour refléter le signal audiofréquence analogique d'entrée par une première suite de valeurs numériques,
- 15
- le détecteur d'enveloppe (6) est agencé pour établir à partir de la première suite de valeurs numériques une seconde suite de valeurs numériques reflétant l'enveloppe du signal audiofréquence d'entrée,
- 20
- le limiteur numérique (10) est agencé pour établir une troisième suite de valeurs numériques, bornées, à partir de la seconde suite de valeurs numériques,
- 25
- le multiplieur (12) est agencé pour établir une suite de valeurs de fréquences d'émission modulées selon les valeurs de la troisième suite de valeurs numériques,
- 30
- le synthétiseur (14) est agencé pour élaborer un signal audio numérique à partir de la suite de valeurs de fréquences d'émission, et
- 35
- le convertisseur numérique-analogique (16) est agencé pour produire un signal analogique de sortie à partir du signal audio numérique.

2. Dispositif de traitement numérique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le limiteur (10) est apte à établir la troisième suite de valeurs numériques selon une première loi déterminée pour que les valeurs de fréquences d'émission modulées soient comprises entre une valeur de fréquence inférieure et une valeur de fréquence supérieure choisies.

3. Dispositif de traitement numérique selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite première loi prend en compte les valeurs de la troisième suite de valeurs numériques et une valeur d'amplitude seuil choisie.

4. Dispositif de traitement numérique selon la revendication 3, caractérisé en ce que ladite première loi est fonction :

- d'une valeur seuil,
- du logarithme de la valeur de fréquence inférieure,
- et du logarithme de la valeur de fréquence supérieure.

5. Dispositif de traitement numérique selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite première loi calcule chaque valeur de la troisième suite de valeurs numériques comme étant le rapport d'une valeur de la seconde suite de valeurs numériques sur la valeur d'amplitude seuil élevé à une puissance valant le rapport du logarithme du rapport des première et seconde valeurs de fréquence, sur une valeur seuil.

6. Dispositif de traitement numérique selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que le multiplieur réalise le produit des valeurs de la troisième suite de valeurs numériques et de ladite valeur de fréquence supérieure.

7. Dispositif de traitement numérique selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que ladite valeur de fréquence supérieure est choisie voisine de la plus haute fréquence audible par le sujet par valeurs supérieures.

5

8. Dispositif de traitement numérique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que pour chaque valeur de la suite de valeurs de fréquences d'émission, le synthétiseur (14) élabore un signal de fréquence fondamentale
10 correspondante avec au moins une harmonique.

9. Dispositif de traitement numérique selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un filtre passe-bas numérique (8) entre le détecteur
15 d'enveloppe (6) et le limiteur numérique (10).

1/1

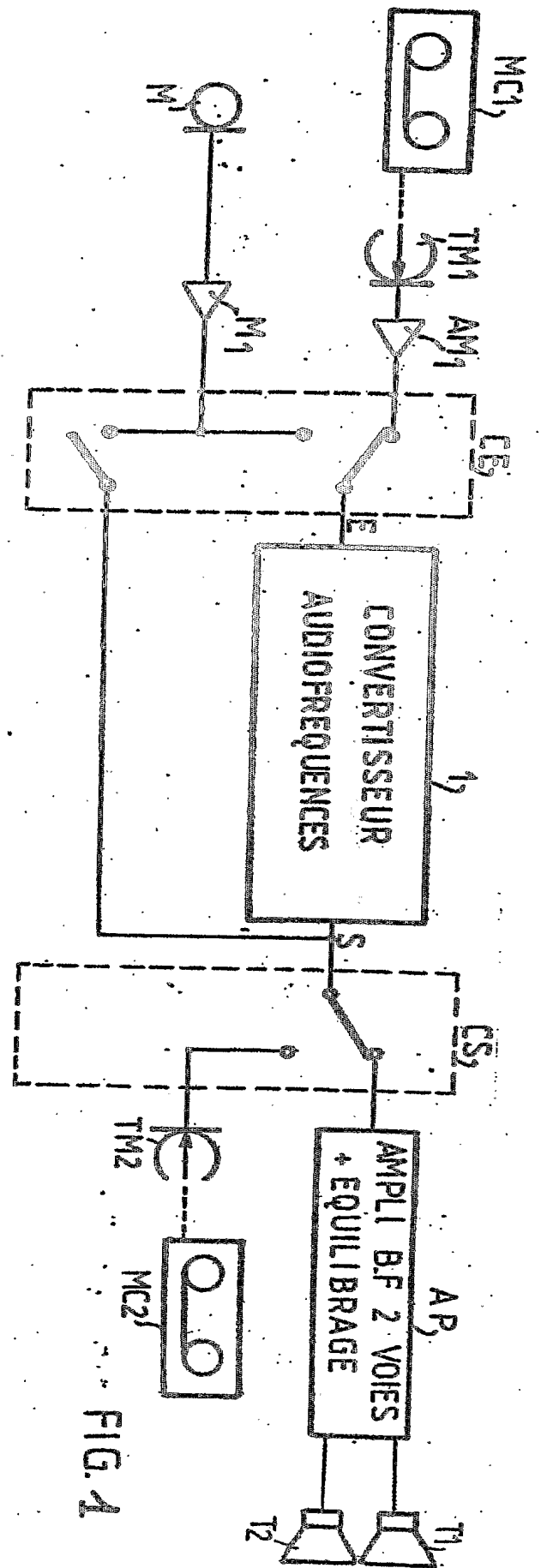


FIG. 1

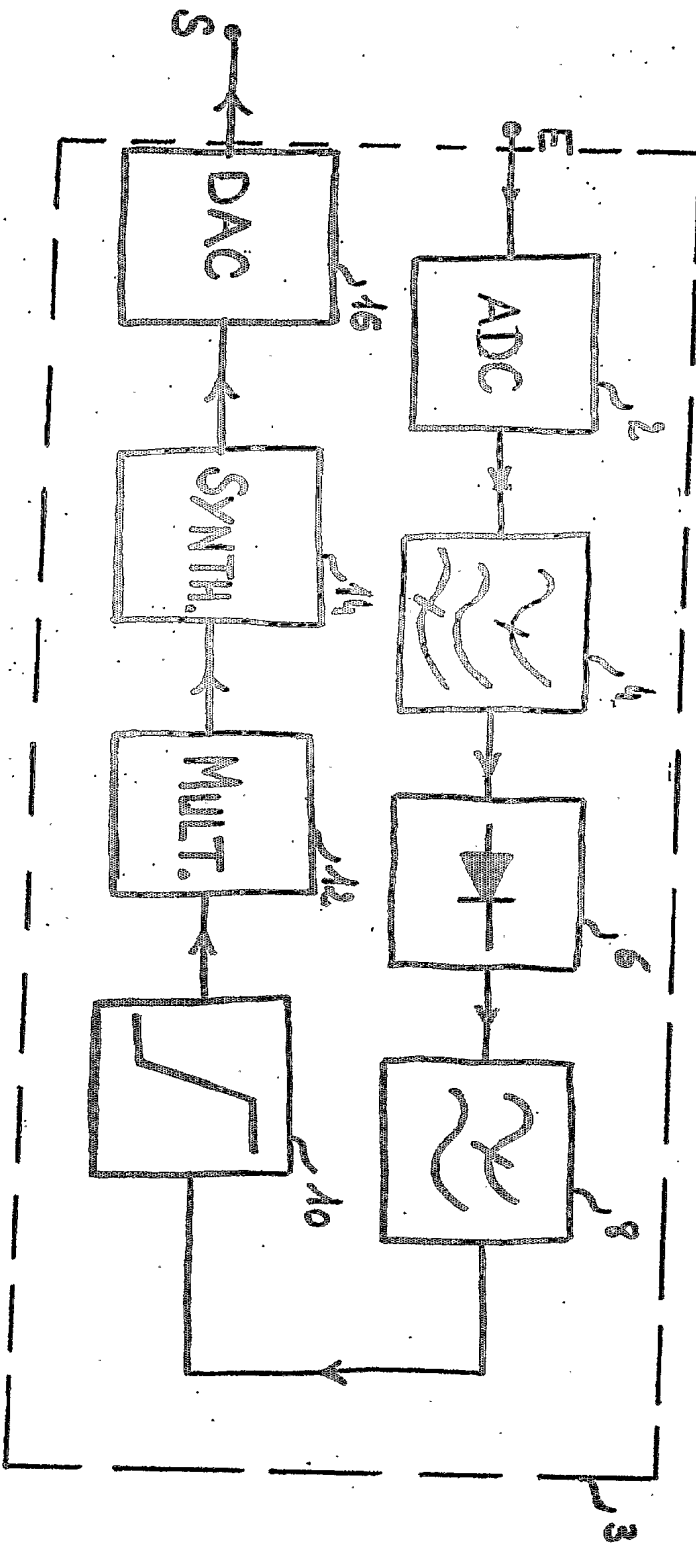


FIG. 2

CABINET NETTER

M. Laya

1/1

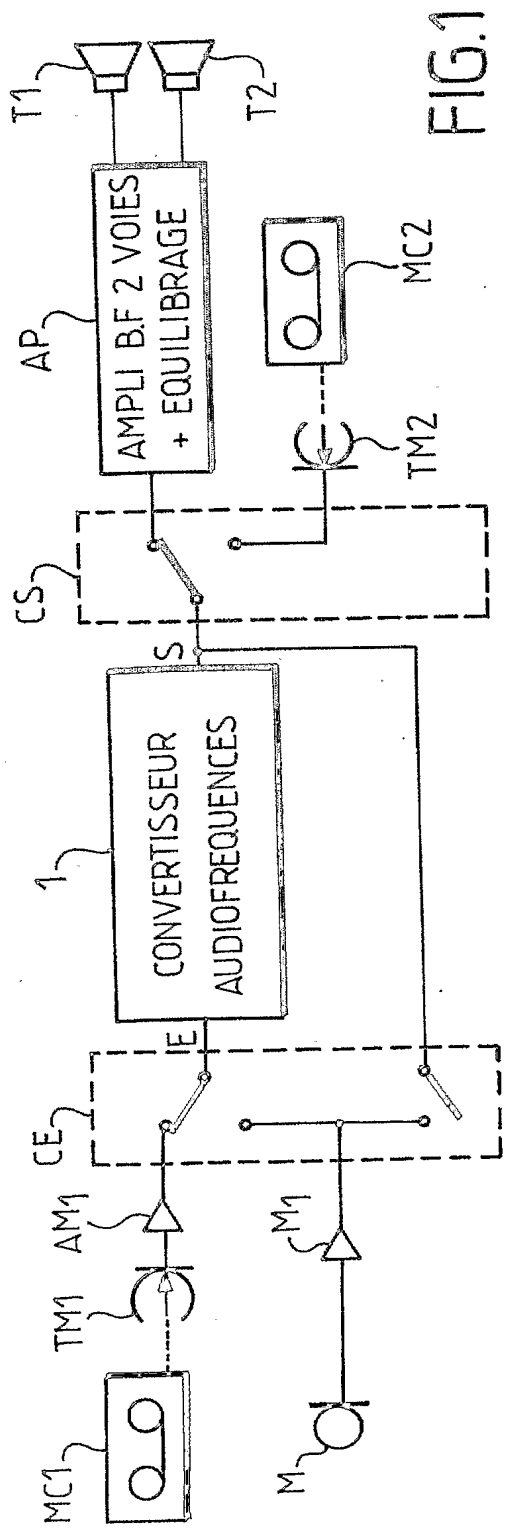


FIG. 1

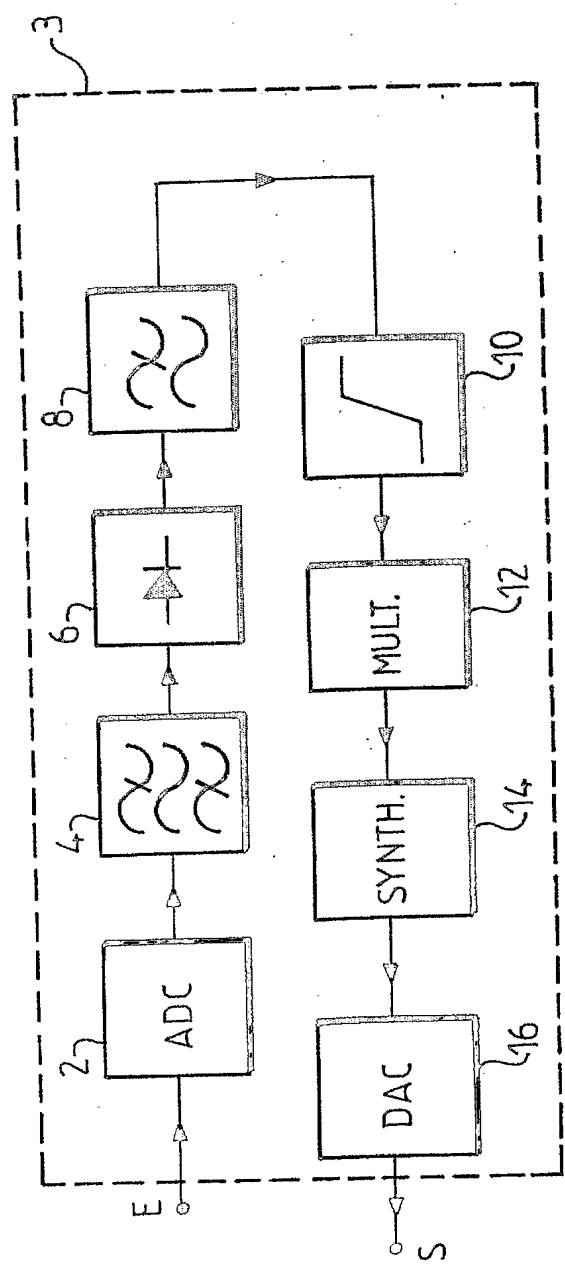


FIG. 2



